

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DO PIAUÍ / CAMPUS PARNAÍBA
COORDENAÇÃO DE CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

RENATA YARIMA LOUZEIRO DA SILVA

**UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE
EXPERIMENTAL UTILIZANDO O ARDUINO
NO ENSINO DE BIOFÍSICA DA VISÃO**

Parnaíba - PI

2018

RENATA YARIMA LOUZEIRO DA SILVA

UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL UTILIZANDO O ARDUINO NO ENSINO DE BIOFÍSICA DA VISÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí/ *Campus* Parnaíba.

Parnaíba - PI

2018

RENATA YARIMA LOUZEIRO DA SILVA

UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL
UTILIZANDO O ARDUINO NO ENSINO DE BIOFÍSICA DA VISÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí/*Campus* Parnaíba.

Aprovada em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof.MSc. Itamar Vieira de Sousa Júnior - (Orientador) - Presidente
IFPI/*Campus* Parnaíba-PI

Prof.MSc. Lucas Izidio de Sousa Sampaio - (Coorientador) - Examinador
IFPI/*Campus* Parnaíba-PI

Prof. MSc. Francisco Ronan Viana Araujo - Examinador
IFPI/*Campus* São Raimundo Nonato-PI

Parnaíba
2018

À minha família: Hamilton, Rosamar, Marina, Igor e Luigi.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, Rosamar e Hamilton Louzeiro, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Ao meu marido, Igor Araújo, e meu filho, Luigi Louzeiro, que mesmo na minha ausência, dedicada ao estudo superior, sempre me deram forças e estímulo para nossa família ter um bom futuro. À minha irmã, Mariana Louzeiro, que me faz querer ser uma pessoa melhor para ter sua admiração. E aos meus filhos de quatro patas, vivi e leão, que me fizeram companhia nas madrugadas de estudo.

Agradeço ao meu orientador, Itamar Vieira, pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho. Ao meu coorientador, Lucas Izidio, pela orientação, apoio e confiança. Agradeço a todos os professores por me proporcionaram o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional.

Ao Instituto Federal do Piauí, por me proporcionar um ambiente de estudo agradável e rico de conhecimento. Meus agradecimentos à todos os amigos que fiz, em especial: às Luluzinhas, nosso grupo de estudo ajudou muito em minha formação; e ao Angelo Neto e Everton Lins, pessoas iluminadas que contribuíram significativamente para a conclusão deste trabalho.

Em homenagem a todos aqueles que de alguma forma se tornaram colaboradores para a minha formação acadêmica, obrigada.

"O saber que não vem da experiência não é realmente saber."

Lev Vygotsky

Resumo

O presente trabalho é uma proposta de atividade experimental para o ensino da disciplina Física através dos conhecimentos da Biofísica, em tese, como ocorre a visão em cores, planejando despertar o interesse dos estudantes do segundo ano do ensino médio. Foi enfatizado que a formação da imagem ocorre ainda no olho, e só após transformada em energia elétrica (impulsos nervosos) e levada ao cérebro. Também comentamos sobre as várias formas de propagação da luz e qual delas representa o que ocorre dentro no globo ocular, para que seja possível a formação da imagem. Além disso, foi discutido sobre as anomalias a visão, quais lentes corrigem cada uma e como acontece a propagação da luz após da inserção dessas lentes. Por fim, entendemos como ocorre a visão em cores e o quão é importante a luz nesse processo. Foi disposto um material correspondente ao roteiro do experimento que pode ser reproduzido em sala de aula. O experimento utiliza a plataforma Arduino como provedor para que ocorra a representação da visão em cores. Todo esse estudo foi baseado na teoria de Vygotsky que defende a ideia do professor ser o indivíduo capaz de transferir o conhecimento ao aluno. Dessa forma, ele deve reproduzir a atividade proposta enfatizando os fenômenos Físicos e Biológicos encontrados, a fim de que o objetivo da aprendizagem seja alcançado.

Palavras-chaves: Ensino de Física. Biofísica. Visão em Cores.

Abstract

The present work is a proposal of experimental activity for the teaching of the Physical discipline through the knowledge of Biophysics, in thesis, as it happens the vision in colors, planning to arouse the interest of the students of the second year of high school. It was emphasized that the formation of the image still occurs in the eye, and only after transformed into electrical energy (nerve impulses) and taken to the brain. We also commented on the various forms of light propagation and which one represents what takes place inside the eyeball, so that the formation of the image is possible. In addition, it was discussed about the vision abnormalities, which lenses correct each one and how the light propagation occurs after the insertion of these lenses. Finally, we understand how color vision occurs and how important light is in this process. A material corresponding to the script of the experiment that can be reproduced in the classroom was arranged. The experiment uses the Arduino platform as the provider for color vision representation. All this study was based on the theory of Vygotsky that defends the idea of the teacher being the individual able to transfer the knowledge to the student. In this way, it must reproduce the proposed activity emphasizing the Physical and Biological phenomena found, in order that the learning objective is reached.

Key-Words: Teaching Physics. Biophysics. Color Vision.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Globo Ocular Esquemático. Fonte: Autoria Própria	20
Figura 2 – Pupila Dilatada e Pupila Contraída. Fonte-site: http://www.anatomybox.com/tag/unequal/	21
Figura 3 – Reflexão Especular e Reflexão Difusa de Raios Luminosos. Fonte-site: http://www.pontociencia.org.br/galeria/	22
Figura 4 – Fenômeno Interferência. Fonte-site: http://brasilescola.uol.com.br/fisica/experimento-das-duas-fendas.html	23
Figura 5 – Fenômeno Espalhamento. Fonte-site: http://aaapocasi.cz/	24
Figura 6 – Representação do raio luminoso incidindo em um meio aquoso. Fonte-site: http://alunosonline.uol.com.br/fisica/leis-refracao.html	24
Figura 7 – Fenômeno da Refração ocorrendo no Globo Ocular. Fonte: Autoria Própria.	25
Figura 8 – Olho com Miopia. Fonte: Autoria Própria.	26
Figura 9 – Raios Luminosos em uma Lente Divergente. Fonte-site: http://zizurccnn2.blogspot.com/2012/12/lentes.html	27
Figura 10 – Olho com Hipermetropia. Fonte: Autoria Própria.	27
Figura 11 – Raios Luminosos em uma Lente Convergente. Fonte-site: http://zizurccnn2.blogspot.com/2012/12/lentes.html	27
Figura 12 – Olho com Astigmatismo. Fonte: Autoria Própria.	28
Figura 13 – Representação do Espectro Eletromagnético de Luz Visível. Fonte-site: http://mundoeducacao.bol.uol.com.br	30
Figura 14 – Camadas da retina. Fonte-site: http://www.infoescola.com/visao/retina/	31
Figura 15 – Retina onde ficam os fotorreceptores, tais como cones e bastonetes. Fonte-site: http://www.sandia.gov/.../projects-retinal.html	31
Figura 16 – Etapa fotoquímica. Fonte-site: http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/533cistrans.html	33
Figura 17 – Materiais utilizados. Fonte: Autoria Própria.	37
Figura 18 – Primeira etapa de montagem. Fonte: Autoria Própria	38
Figura 19 – Segunda etapa de montagem. Fonte: Autoria Própria	38
Figura 20 – Experimento Montado. Fonte: Autoria Própria	39
Figura 21 – Montagem do Circuito. Fonte: Autoria Própria	39
Figura 22 – Experimento com filtro azul. Fonte: Autoria Própria	40
Figura 23 – Experimento com filtro verde. Fonte: Autoria Própria	40

Figura 24 –Experimento com filtro vermelho. Fonte: Autoria Própria	41
Figura 25 –Resultado do experimento com filtro azul. Fonte: Autoria Própria . . .	41
Figura 26 –Resultado do experimento com filtro azul. Fonte: Autoria Própria . . .	42
Figura 27 –Resultado do experimento com filtro vermelho. Fonte: Autoria Própria	42
Figura 28 –Circuito Esquemático	50

Lista de tabelas

Tabela 1 – Índice de Refração. Fonte: Heneine (2008).	25
---	----

Lista de abreviaturas e siglas

PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
LDR	Light Dependent Resistor
LED	Light Emitting Diode
ZPD	Zona de Desenvolvimento Proximal

Lista de símbolos

η	Letra grega Eta
--------	-----------------

Sumário

1	Introdução	15
2	Fundamentação Teórica	17
2.1	Ensino De Física no Brasil	17
2.2	Desenvolvimento da Aprendizagem	18
2.3	Ensino da Biofísica	19
2.4	Fisiologia do Olho	19
2.4.1	O Olho Humano	19
2.4.2	Formação da Imagem	21
2.5	Propagação da Luz	22
2.5.1	Reflexão	22
2.5.2	Interferência	22
2.5.3	Espalhamento	23
2.5.4	Refração	24
2.6	Anomalias da Visão	25
2.6.1	Miopia	26
2.6.2	Hipermetropia	26
2.6.3	Astigmatismo	28
2.7	Visão em Cores	28
2.7.1	Intensidade da luz	32
3	Proposta de Atividade Experimental	34
3.1	Objetivos	34
3.2	Base Teórica do Experimento	35
3.2.1	Visão tricromática	35
3.2.2	Arduino	35
3.3	Materiais	36
3.4	Montagem	37
3.5	Procedimentos	38
3.6	Resultados Esperados	40
	Conclusão	43
	Referências	44
	APÊNDICE A Código do Experimento	46

APÊNDICE B Esquemático	50
---	-----------

1 Introdução

Com a mudança do Ensino Médio no Brasil, abre-se espaço para pensarmos em uma nova forma de ensino. O esperado é que esta nova forma de aprendizagem contribua para a formação de um aluno crítico e com mais interesse na disciplina, que permita interpretar os fatos, fenômenos e processos naturais do corpo humano. Este trabalho interessa-se em somar o conteúdo que já se aplica em sala de aula com uma nova abordagem para alguns conteúdos da Física que se aplica à biologia humana.

O conhecimento composto pela Física forma uma estrutura complexa, e parte da dificuldade de se compreender essa disciplina advém do fato do aluno não reconhecer ou vivenciar o que os livros didáticos propõem em sua extensão. Ao seguirmos somente uma linha de raciocínio, podemos acabar por fazer com que ele se torne ininteligível a muitos estudantes. O [PCN+ \(1998\)](#) explica essa necessidade da cultura em Física incluir a compreensão dos seus fenômenos no cotidiano doméstico, social e profissional, para que sejam traduzidos em termos de competência e habilidades, para que superem a prática tradicional, ou seja, uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado.

A Biofísica nada mais é que a Física aplicada à Biologia, duas Ciências que se tornam juntas, ainda mais interessantes que separadas. O ensino da Biofísica no Brasil, infelizmente, é abordado somente em alguns cursos superiores da área da saúde. Porém é necessário que os alunos de nível médio também conheçam esta parte da Física que engloba desde explicar fenômenos naturais, como a visão, até em contribuir para a correção de algum defeito natural, como por exemplo, a miopia.

O principal objetivo é apresentar a Biofísica como conteúdo de estudo na disciplina de Física usando experimento de teor tecnológico e material que desenvolva ferramentas didáticas para o estudo dos fenômenos físicos envolvidos no tema. Isso permitirá que estudantes do ensino médio tenham conhecimento de como funciona o globo ocular humano, visualizar como se comporta os raios luminosos no seu interior, e como ocorre a visão em cores, para que se tornem mais interessados e participativos no processo de ensino aprendizagem. Além de incentivar professores a utilizar novos métodos de ensino que envolva experiências com o corpo humano para aprendizagem em Física.

Este trabalho busca grande relevância para a educação, em vista que aborda uma proposta inédita e com um aparelho tecnológico inovador, o Arduino. Atualmente encontramos, ainda que poucos, trabalhos sobre essa plataforma de prototipagem eletrônica, seja em temas vinculados à programação ou à educação. Sendo que em todas as teses, percebemos que os resultados foram favoráveis ao que era esperado. Na busca de chamar

a atenção dos estudantes de Física, para o conteúdo de óptica, buscamos aderir-lo como propulsor deste experimento.

A presente monografia é composta de 4 capítulos. No presente capítulo (capítulo 1) apresentamos a introdução, onde destacamos a importância da utilização de experimentos ligados à Biofísica que sejam de interesse dos alunos para utilização em sala de aula, enfatizando as plataformas tecnológicas, em especial o Arduino, que apresenta um sistema de funcionamento que pode contribuir muito para a aprendizagem dos conceitos de Física óptica. No capítulo 2 relembramos como é o ensino de Física no Brasil, apresentamos qual teoria pedagógica esse trabalho é embasado, como ocorre o ensino da Biofísica, e ainda, é feita uma revisão dos principais fundamentos teóricos necessários para compreensão do experimento. O capítulo 3 é apresentado a atividade proposta, onde descrevemos as etapas de realização da atividade usando um kit Arduino e alguns materiais de baixo custo, e computador para demonstração dos principais tópicos abordados no capítulo 2. Como o experimento não foi aplicado em sala de aula, mas foi realizado pelos feitores deste trabalho, os resultados esperados são mostrados ainda no capítulo 3. Concluimos, no capítulo 4, o trabalho destacando os principais pontos abordados e os objetivos esperados para o desenvolvimento e aperfeiçoamento desse estudo.

Contudo, é necessário sempre buscar meios que despertem a curiosidade dos alunos. Seguindo uma linha de raciocínio, podemos aprimorar o conteúdo óptico com um experimento que apresente como acontece a visão em cores, representando de fato o que vivenciamos todos os dias. Há uma série de maneiras de enriquecer o processo de ensino aprendizagem, porém este trabalho irá apresentar os benefícios de incluir experimentos sobre a Biofísica da visão, neste processo, para a disciplina de Física.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Ensino De Física no Brasil

As Ciências: Física, Biologia e Química, só conquistaram seu espaço no ensino, no início do século XIX ([FERRI; MOTOYAMA, 1981](#)), pelas suas conquistas, avanços e importantes invenções, despertando o interesse e provocando mudanças na sociedade. Essa conquista também trouxe o desejo de que este ensino ajudaria no recrutamento de futuros cientistas. E apesar desta ideia prevalecer, a ciências ainda é vista como o estudo de definições, deduções, equações e experimentos que já sabemos os resultados.

No Brasil, a disciplina Ciências é oferecida do 1º ao 9º ano do Ensino Fundamental, e é desmembrada do 1º ao 3º ano do Ensino Médio, com a Física, Química e Biologia, as quais, segundo a [LDB \(1997\)](#), "exercem a função de desenvolver o espírito crítico através do exercício do “método científico”".

Infelizmente, no país, a Ciência ainda está passando por uma longa desmitificação do que lhes foi imposto, como disciplinas de difícil aprendizado. O campo da Física seguiu crescendo com a Ciência, apesar do dogmatismo atrelado. [Monteiro e Teixeira \(2016\)](#) gravaram relatos de professoras das séries iniciais do Ensino Fundamental, sobre a importância das aulas de ciências, e os relatos mostram suas lembranças, que em parte, foram construídas pelos seus antigos professores. As entrevistadas afirmaram que "tem consciência da importância da Física no mundo, pois sem ela não existiria carros, geladeira, televisão, e a medicina não teria evoluído com equipamento que pudessem fazer exames e salvar vidas". Entretanto elas carregam o preconceito de que "seguir na carreira de ciências não é para qualquer pessoa, pois a Física é muito difícil e quem se profissionaliza nela, fica louco de tanto estudar".

Analisando esses relatos, os autores revelam que a forma como foi apresentada as fórmulas, equações e exercícios a estas professoras, quando ainda eram alunas, desfigurou o real objetivo do ensino de Física. E que os livros didáticos da época de alunas, ainda são os mesmo, os quais enfatizam cientistas como superdotados de inteligência e com isso torna cada vez mais distante da realidade de vários alunos, que se interessam pelo assunto, mas acham que não são capazes. Isso leva a entendermos a rejeição que a ciência sofre dos estudantes que poderiam ser futuros cientistas, acarretando também, o declínio de interesse no ensino de Física.

Com isso, é fácil a percepção de que se um professor não souber repassar o conteúdo, a regressão de um país é clara. A [UNESCO \(2011\)](#) afirma: “Ensinar mal as Ciências é matar a galinha dos ovos de ouro.”, porque o aluno é o futuro do país e se o professor

não se interessar em repassar o conhecimento de uma forma que desperte a curiosidade e que o atraia de forma positiva para essas disciplinas, como ocorrerá o desenvolvimento da economia, da indústria, da educação científica e tecnológica? É através desse pensamento, que se deve sempre enfatizar a importância de uma educação científica de qualidade.

Então, pode-se enfatizar, que a Física, sendo uma das disciplinas que compõe a Ciência, também é motivo de preocupação no processo de ensino aprendizagem. Por isso há uma busca incessante em tornar a disciplina mais interessante para os alunos. Desta forma, destacamos o uso de instrumentos tecnológicos para auxiliar no entendimento de conceitos físicos, aliando o ensino à tecnologia.

À medida que o processo cognitivo for ampliando, os educadores irão passar a encarar o laboratório como elemento de desenvolvimento do aluno e de ativação no processo de ensino aprendizagem. As percepções iniciais dos alunos sobre os fenômenos e sua participação nas aulas práticas, revelam mentes férteis de investigação. Então a busca agora é aproveitar ao máximo esse espaço que é possível fazê-los progredir no raciocínio, através de experimentos.

2.2 Desenvolvimento da Aprendizagem

Segundo [Gaspar \(2005\)](#), na pedagogia tradicional aulas teóricas, dentro da sala de aula, e experimentais, nos laboratórios, são formas alternativas de expor a matéria. O papel do professor é repassar o conteúdo e do aluno obedecer o que lhe é passado. Felizmente, no século XX tivemos mudanças que contribuíram significativamente no âmbito do ensino experimental.

De acordo com [Vygotsky ¹](#), o ensino se desenvolve por etapas. Ele não descartava totalmente a ideia de [Piaget ²](#), que nosso cérebro tem uma história genética predeterminada, então conseguimos aprender algum assunto quando as estruturas mentais necessárias a essa aprendizagem já estão formadas em nosso cérebro. Porém não concordava com o fato disso ser uma verdade absoluta, do aluno só aprender um determinado assunto se tiver a estrutura mental que permite a compreensão desse conceito.

Para [Vygotsky](#) não é necessário esperar que se formem estruturas mentais para que seja possível a aprendizagem, pelo contrário, o ensino do conteúdo que o libertará para a formação dessas estruturas, essenciais para sua aprendizagem. Porém é necessário que não ultrapasse a capacidade cerebral do aluno, por exemplo, é pouco provável que um professor consiga ensinar a um aluno "Óptica ondulatória" se este ainda não sabe "Ondas",

¹ Lev Semyonovich Vygotsky (1896-1934), foi um psicólogo russo, proponente da Psicologia cultural-histórica ([OLIVEIRA, 1993](#)).

² Jean Piaget (1896-1980), foi um biólogo, psicólogo e epistemólogo suíço, considerado um dos mais importantes pensadores do século XX. Fundou a Epistemologia Genética, teoria do conhecimento com base no estudo da gênese psicológica do pensamento humano ([COLINVAUX; PIAGET, 2011](#)).

porque há uma distância cognitiva no cérebro entre o que ele já construiu e o que ainda precisa construir para que haja a aprendizagem.

Com isso, Vygotsky acredita que as atividades experimentais formam uma nova estrutura cognitiva no aluno que, porém, só vai se completar com o tempo. E para que isso ocorra, é necessário que o novo seja apresentado, discutido e trabalhado de forma que haja uma interação social onde a pessoa mais capaz é o professor (GASPAR, 2005). O conceito de desenvolvimento intelectual ocorre em função dessas interações sociais seja na relação professor/aluno ou criança mais velha/criança mais nova, basta ter um indivíduo superior ao outro, em relação ao que for abordado, e este seja capaz de orientá-lo.

É justamente sobre essa interação social que as obras de Vygotski tratam. A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) é a distância entre o que a criança consegue realizar sozinha (zona de desenvolvimento real), e aquilo que ela é capaz de aprender e fazer com a ajuda de uma pessoa mais experiente (zona de desenvolvimento potencial) (OLIVEIRA, 1993). A ZDP é, portanto, tudo o que aprendiz pode adquirir em termos intelectuais quando lhes é dado o suporte educacional devido. Este trabalho busca justamente essa prática pedagógica da teoria de Vygotsky. A interação social do professor e aluno na busca de todos terem a mesma compreensão sobre o conteúdo.

2.3 Ensino da Biofísica

A Biofísica estuda os sistemas vivos do ponto de vista físico e físico-químico. É principalmente conhecida por universitários de áreas da saúde para que entendam a fisiologia humana, a qual desperta muita curiosidade aos alunos de nível médio. O corpo humano é material de interesse de todos, ficamos encantados em saber como a máquina humana é quase perfeita e como é o seu funcionamento.

Podemos, então, citar o olho humano e toda a sua estrutura biológica ocular, através dele ensinar ao aluno do ensino médio o princípio de refração da luz, a convergência e a divergência do feixe luminoso. A descrição da percepção das imagens no cérebro humano e a visão em cores são modelos do que poderiam ser abordados em um experimento para enfatizar o conteúdo exposto em sala de aula. Na sequência, vamos estudar todos esses fenômenos e como podem enriquecer a aprendizagem dos alunos de nível médio.

2.4 Fisiologia do Olho

2.4.1 O Olho Humano

Segundo Garcia (2002), os olhos humanos são relativamente simples, se comparados a de insetos e crustáceos, que por sua vez têm olhos que cada um produz uma

informação visual. Eles podem se movimentar e ajustar às condições ambientais para que possibilite uma visão nítida. O olho forma as imagens, transforma energia eletromagnética em energia elétrica e esses pulsos são levados ao cérebro. Judd (1952) afirma que o olho humano pode distinguir cerca de 10 milhões de cores e é capaz de detectar um único fóton.

De acordo com Heneine (2008), a estrutura do globo ocular tem cerca de 24mm de diâmetro e para que sua perfeita simetria seja possível há vários fatores, exemplo disso é, conduzir a luz até os fotossensores, ou focalizar a imagem dos objetos sobre os fotorreceptores. Também é para nutrir, lubrificar e proteger o olho, além de reduzir o ofuscamento e adapta-lo a diferentes condições de luminosidade. Como se não bastasse, a composição do globo ocular também permite conduzir as informações visuais para o sistema nervoso central e processar as informações visuais.

A figura 1 representa o globo ocular humano com um corte anteroposterior. Nela podemos observar a esclerótica, membrana rígida que dá o formato do olho, e a córnea que representa o início da câmara anterior, a mais superficial deste globo que conseguimos observar. Na sequência, temos o humor aquoso que é um líquido pouco concentrado e de elevada transparência, e a íris que é o diafragma variável, ou seja, ela controla a entrada de luz do olho. E para fechar a câmara anterior, temos o cristalino que representa uma lente de poder refrativo variável, pois sua forma pode ser alterada pelas fibras radiais e circulares que fazem parte da contração muscular ciliar.

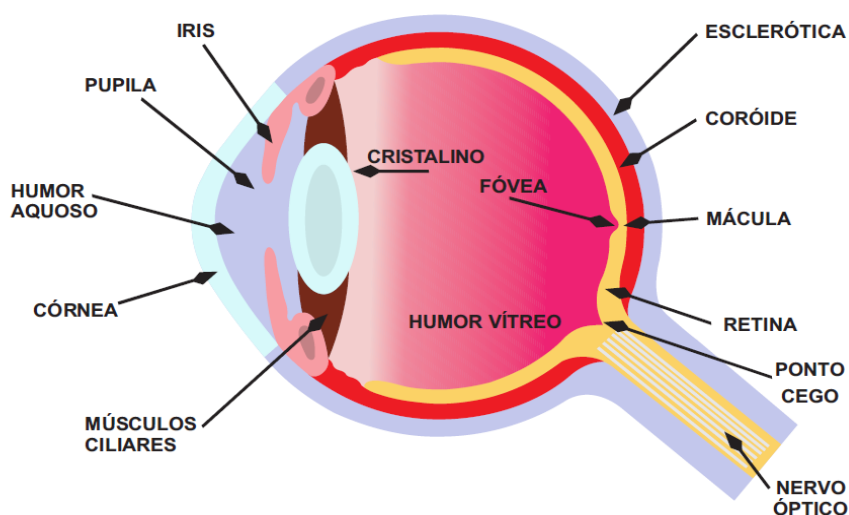


Figura 1: Globo Ocular Esquemático. Fonte: Autoria Própria

Logo atrás do cristalino, temos a câmara posterior a qual contém o humor vítreo que é um fluido gelatinoso e muito transparente, é rico em fibras colágenas e em ácido hialurônico, que é responsável pelo volume, sustentação, pela hidratação e elasticidade da

pele. O eixo óptico, como o próprio nome já diz, é localizado no centro do olho, já o eixo visual é na fóvea que é região de máxima acuidade visual. No final do globo ocular, ou seja, no fundo da câmara posterior, temos a retina composta de células nervosas fotossensíveis e em seu centro a mácula, composta de cones e bastonetes, que é a área responsável pela visão nítida. Em um ponto a retina não possui células sensíveis, é conhecido com ponto cego e se localiza no nervo óptico. Todas essas estruturas são nutridas por uma camada que possui vasos sanguíneos chamada de coriódio. O interessante é que alguns fenômenos da função cerebral ocorrem no próprio olho, pois na retina algumas informações já foram processadas, ao combinar a informação de vários receptores visuais.

2.4.2 Formação da Imagem

O globo ocular trata a luz em seus aspectos fundamentais como fóton sendo uma onda e/ou uma partícula. Quando onda, existe um meio refrator (cristalino) que envia imagem dos objetos luminosos ou iluminados para retina. Quando partícula, transforma energia eletromagnética do pulso luminoso em pulso elétrico. Em seguida, esses pulsos são levados ao cérebro pelo nervo óptico, formando assim a visão. Mas para que isso ocorra, o comprimento de onda precisa está na faixa de radiações eletromagnéticas que podem ser captadas pelo olho humano, ou seja, de 370nm à 750nm (STARR, 2005).

A córnea é uma lente esférica, por isso tem uma superfície curvada que desvia a luz. Para ajustar a quantidade de luz temos a íris com uma estrutura que se move para dentro ou para fora ou vice-versa, de acordo com a quantidade de luz, variando o seu orifício que é a pupila. A luz que entra é proporcional à área da pupila. Quando estamos em ambientes iluminados, este orifício se contrai para que seja reduzida a entrada de raios luminosos; Ao contrário do que foi visto, em ambientes escuros, o orifício se dilata para poder receber mais raios luminosos e, consequentemente, conseguir enxergar melhor nesses locais, figura 2.



Figura 2: Pupila Dilatada e Pupila Contraída. Fonte-site: <http://www.anatomybox.com/tag/unequal/>

A focalização da luz é realizada no cristalino pelo sistema lente-córnea na retina. O cristalino é uma lente convergente biconvexa que recebe a luz e envia para a retina através da refração que nada mais é que a mudança de direção do raio luminoso. Para

melhor visualização da imagem à distância, a lente (cristalino) aperta ou afrouxa, graças aos músculos ciliares, modificando o foco da imagem.

Seguindo a mesma linha de raciocínio, a luz atravessa a pupila, passa pelo cristalino e é refratada na retina, mais precisamente na mácula, que é a região responsável pela visão nítida. No centro da mácula, temos a fóvea que é a região de maior acuidade visual, nela também temos as células cones e bastonetes. Através dessas células a imagem é transformada em impulso nervoso (sinais eletromagnéticos). Os impulsos nervosos são levados ao cérebro por meio do nervo óptico e assim, nos dando a capacidade de visão.

2.5 Propagação da Luz

2.5.1 Reflexão

Os objetos tendem a refletir uma parte da luz de forma que essa reflexão tenha as mesmas propriedades dessa luz que incide sobre o objeto. Há uma mudança de direção desta reflexão ao encontrar um obstáculo. Temos dois tipos de reflexão: a especular e difusa. Na reflexão especular, a superfície refletora é lisa e por isso os raios refletidos saem na mesma direção. Já na reflexão difusa, a superfície refletora é áspera e por isso os raios refletidos têm o mesmo ângulo, porém em direções diferentes. Ambas estão representadas na figura 3. O nosso principal mecanismo de observação física é a reflexão difusa da superfície, devido representar a luz enviada para nossos olhos pela maioria dos objetos que vemos (MANDELSTAM, 1926).

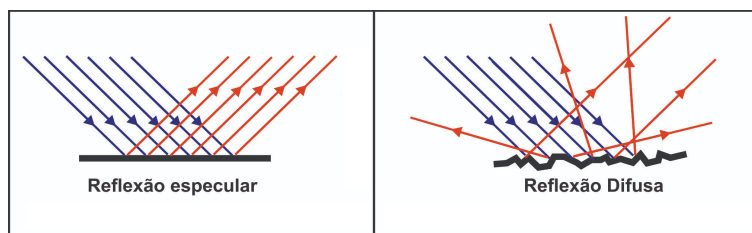


Figura 3: Reflexão Especular e Reflexão Difusa de Raios Luminosos. Fonte-site: <http://www.pontociencia.org.br/galeria/>

2.5.2 Interferência

A luz pode também sofrer interferência, outro fenômeno, que nos permite a visualização de luz dotada de várias cores a partir da luz branca quando passa por um meio dispersivo. Thomas Young³, em 1801, demonstrou o fenômeno da interferência da luz ao

³ Thomas Young (1773 - 1829) físico, médico e egiptólogo britânico. Ficou conhecido pela experiência da dupla fenda, que possibilitou a determinação do carácter ondulatório da luz, por seus trabalhos em óptica, onde ele explica o fenômeno da interferência e em mecânica, pela definição do módulo de Young. (ROBINSON, 2006)

fazer com que ondas luminosas difratassem em duas fendas F1 e F2, como mostra a figura 4, (CAVALCANTE; TAVOLARO, 2004). É fácil observar a luz sendo composta em suas componentes. Em um prisma, por exemplo, a incidência de uma luz resulta em um feixe multicolorido, pois ao penetrar no prisma o feixe de luz é dividido em dois, formando assim fontes de luzes coerentes, com sensações de claro-escuro, e no caso da luz branca, diversas cores. Na figura 4, podemos observar que após a luz incidir em uma fenda (1), ocorre sua dispersão pela área, que tem mais duas fendas (2) localizadas no lado oposto da luz incidente. Raios luminosos passaram por essas fendas (F1 e F2), formando assim dois feixes de luz que se somam nesta área fechada (3).

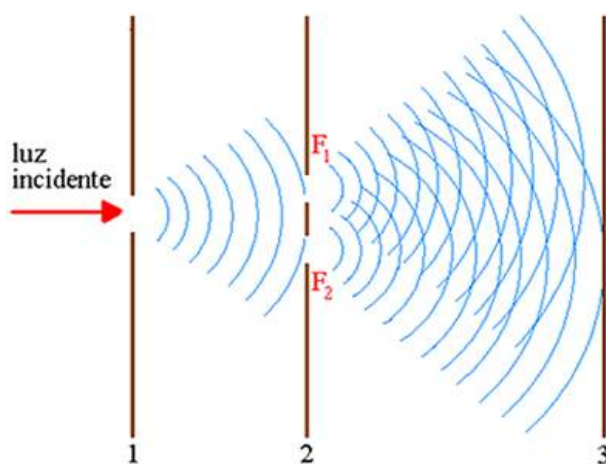


Figura 4: Fenômeno Interferência. Fonte-site: <http://brasilescola.uol.com.br/fisica/experimento-das-duas-fendas.html>

2.5.3 Espalhamento

Quando há mudança na direção da incidência de luz sobre alguma matéria, ela consegue provoca o espalhamento dessa luz em todas as direções. De acordo com SANTANA (2012) a radiação difusa é a energia solar espalhada ou refletida de volta para a Terra. A radiação é absorvida por alguns gases, entretanto as moléculas de ar e partículas podem espalhá-las. Nessa ocorrência, há produções de diferentes tons de azul no céu limpo. A partir dele conseguimos entender que quando um raio luminoso incide em uma molécula, ela espalha raios de luz em todas as direções. Esse tipo de exemplo podemos perceber pela figura 5.



Figura 5: Fenômeno Espalhamento. Fonte-site: <http://aaapocasi.cz/>

2.5.4 Refração

O físico Foucault ⁴, constatou que a luz se deslocava mais rápido no ar que na água, contrariando a Teoria Corpuscular de Newton ⁵ que afirmava exatamente o contrário (SILVA; MARTINS, 2006). É o fenômeno que representa a incidência de luz atingindo dois meios com índices de refração diferentes. É frequentemente observada quando um raio de luz atravessa um plástico transparente ou quando colocamos um objeto, tipo bastão, na água.

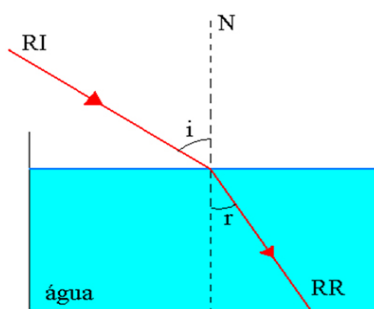


Figura 6: Representação do raio luminoso incidindo em um meio aquoso. Fonte-site: <http://alunosonline.uol.com.br/fisica/leis-refracao.html>

Na figura 6, o raio incidente (RI) sai de um meio menos refrator e penetra no meio aquoso que é mais refrator, muda de direção, tornando-se o raio refratado (RR). O raio refratado se aproxima da normal, por isso o ângulo (i) é maior que o ângulo (r). Esta relação, está na Lei de Snell, segunda Lei da Refração descoberta experimentalmente pelo holandês Willebrord van Royen Snell (1591-1626), que trata do “índice de refração” nos meios transparentes. Sendo η o índice de refração, temos:

⁴ Jean Bernard Léon Foucault (1819-1868), físico e astrônomo francês, é muito conhecido pela invenção do pêndulo de Foucault. Ele também fez uma medição inicial da velocidade da luz e descobriu as correntes de Foucault (TINER, 2004).

⁵ Isaac Newton (1643-1727) astrônomo, alquimista, filósofo natural, teólogo e cientista inglês, mais reconhecido como físico e matemático Westfall e Devons (1981), baseou-se na ideia grega de atomismo da Antiguidade, a qual descreve que a luz é composta por partículas discretas denominadas "corpúsculos", que descrevem uma trajetória em linha reta, com velocidade limitada (SILVA; MOURA et al., 2008).

$$\eta = \frac{\widehat{\text{sen}i}}{\widehat{\text{sen}r}} \quad (2.1)$$

A refração no olho humano acontece quando os raios luminosos entram pela pupila e, no momento que ultrapassam o cristalino, resultam uma mudança da velocidade, com isso os raios luminosos sofrem desvios para se encontrarem na retina e formar a imagem, figura 7.

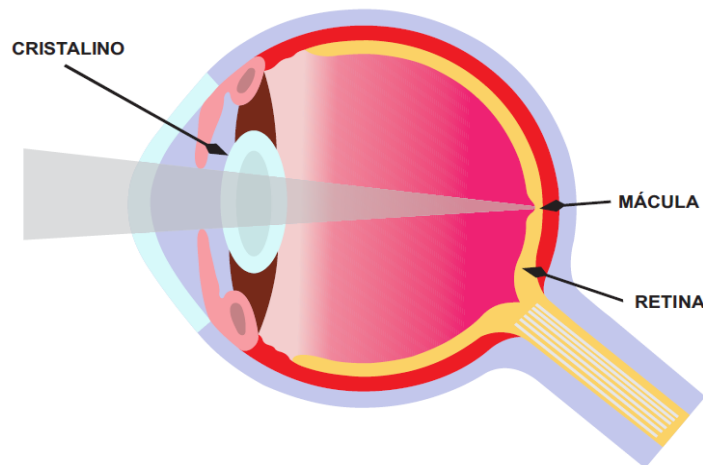


Figura 7: Fenômeno da Refração ocorrendo no Globo Ocular. Fonte: Autoria Própria.

Na tabela 1, encontramos o índice de refração de alguns meios.

Tabela 1: Índice de Refração. Fonte: [Heneine \(2008\)](#).

Material	η
Ar	1,0003
Água	1,3330
Humor Aquoso	1,33
Humor Vítreo	1,34
Córnea	1,38
Cristalino	1,38

2.6 Anomalias da Visão

Antes de falarmos sobre as anomalias da visão, vamos recordar as características do olho emétrepe. Nele o estado refrativo é normal, ou seja, a imagem é focalizada na retina; o ponto próximo de visão nítida está a 25 cm e; a imagem não é deformada ([SANTANA, 2012](#)). Os desvios do estado emétrepe são conhecidos como ametropia que é um problema na curvatura da córnea ou do globo ocular, são as anomalias da visão.

2.6.1 Miopia

É a dificuldade de focalizar objetos distantes, pois os raios desses objetos estão se fechando antes de chegar na retina, figura 8. Aproximando o objeto do olho, acontece o mesmo no globo ocular, é aproximado os raios refratados da retina, e só quando atingi-la irá conseguir enxergar o objeto. Segundo [UNIJUÍ et al. \(2017\)](#), os sintomas são: visão embaçada mais à distância, dificuldade para identificar objetos afastados, dirigir automóveis, entre outros.

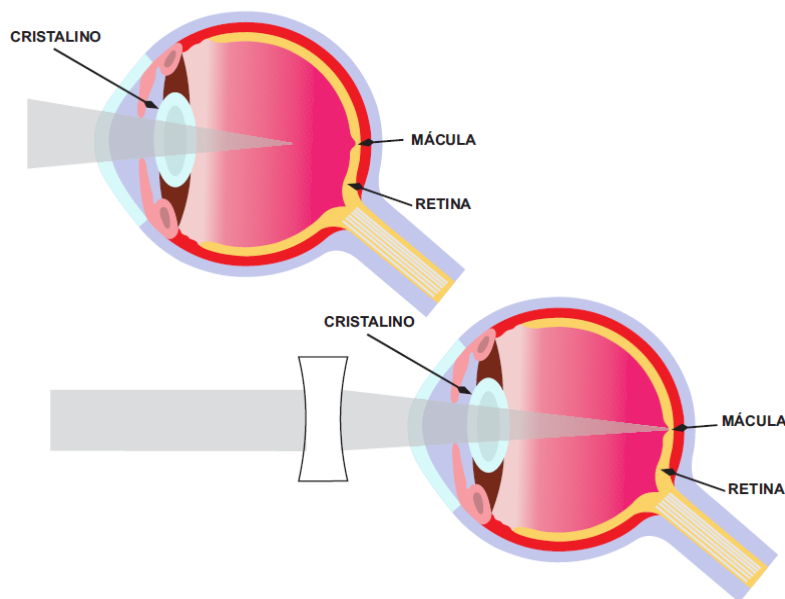


Figura 8: Olho com Miopia. Fonte: Autoria Própria.

Para que haja correção da miopia, usam-se lentes divergentes, pois elas desviam os raios luminosos afastando uns dos outros. Com isso, a imagem do objeto muda de distância (figura 8), aproximando-se no globo ocular, e assim, a focalização do objeto consegue alcançar a retina.

Observando a figura 8, é perceptível que a lente aproxima a imagem do objeto. Os raios luminosos atravessam o centro óptico da lente e não sofrem desvio, por isso a imagem é formada pelo prolongamento do raio refratado. O efeito causado pela lente divergente é a dispersão dos raios para que haja seu alongamento e chegue ao local desejado, isso podemos ver com clareza na figura 9.

2.6.2 Hipermetropia

É a dificuldade de localizar o objeto quando próximo do olho. Os raios refratados se fecham depois da retina para visualizar a imagem é necessário o afastamento do objeto. Na figura 10 é perceptível a correção do olho hipermetrope através da lente convergente.

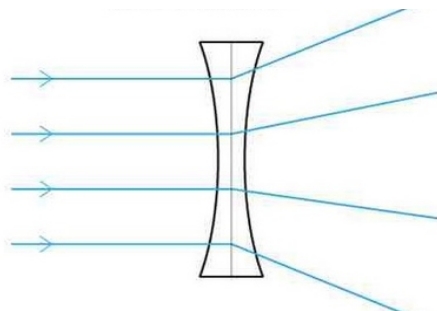


Figura 9: Raios Luminosos em uma Lente Divergente. Fonte-site: <http://zizurccnn2.blogspot.com/2012/12/lentes.html>

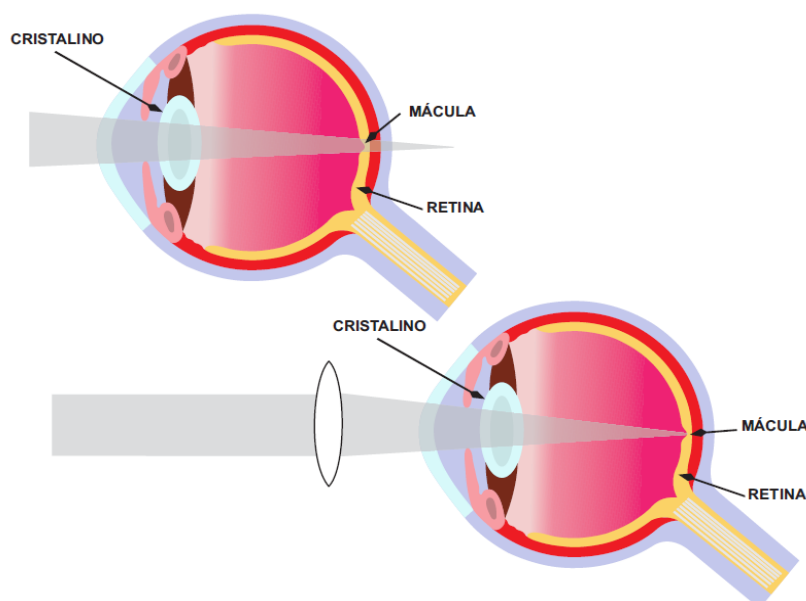


Figura 10: Olho com Hipermetropia. Fonte: Autoria Própria.

As lentes convergentes corrigem os olhos com hipermetropia fechando os raios luminosos para que a focalização da imagem consiga atingir a retina. A figura 11 é uma representação esquemática desses raios luminosos passando por uma lente convergente e atingindo o ponto focal.

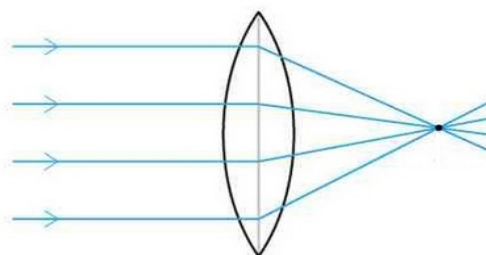


Figura 11: Raios Luminosos em uma Lente Convergente. Fonte-site: <http://zizurccnn2.blogspot.com/2012/12/lentes.html>

Uma anomalia que se iguala a hipermetropia é a presbiopia, pois também tem

dificuldades em visualizar objetos distantes, porém esse problema geralmente ocorre com o avanço da idade do ser humano. Os principais sintomas de ambos são: desconforto para focalizar imagens próximas, cansaço e dores de cabeça, (UNIJUÍ et al., 2017).

2.6.3 Astigmatismo

É uma deficiência na córnea, pois ela não está em seu formato natural (esférica), pode estar alongada ou achatada e com isso há impossibilidade de enxergar objetos que estejam distantes. O defeito na curvatura da córnea faz com que o raio de curvatura seja variável, ou seja, se a córnea é achatada em alguma direção as imagens da retina ficam desfocadas nessa direção. Em consequência, o olho não é capaz de distinguir ao mesmo tempo nem com a mesma nitidez linhas verticais e horizontais. A figura 12 é uma representação esquemática dos raios luminosos incidindo em um olho com astigmatismo, ou seja, com vários pontos focais, sua correção é feita através da lente tórica.

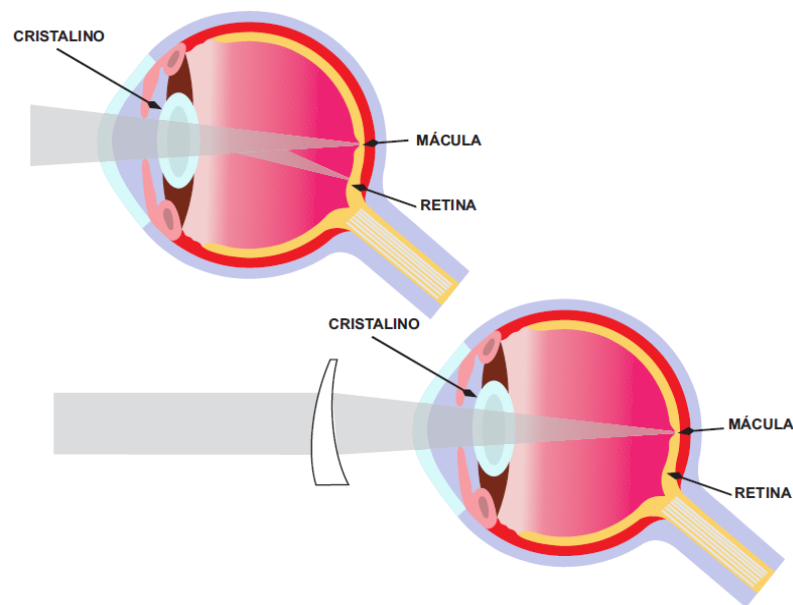


Figura 12: Olho com Astigmatismo. Fonte: Autoria Própria.

2.7 Visão em Cores

O sentido da visão é essencial para grande parte dos animais. Em algumas espécies a visão é a principal ferramenta de exploração do ambiente sendo útil para encontrar alimento, abrigo e identificar possíveis ameaças. A forma como a visão é processada difere nas espécies.

Alguns animais possuem visão acromática permitindo a visualização apenas de tons de cinza, enquanto outros desenvolveram a visão em cores. Os seres humanos são um exemplo de espécie que consegue distinguir cores. Essa habilidade permitiu reconhecer

frutas comestíveis e plantas venenosas auxiliando o sucesso de nossa espécie (RIBEIRO, 2011).

A sensação luminosa ocorre no nível da retina, quando a luz incide sobre o cristalino até penetrar na mesma. Todos os órgãos dos sentidos têm células especializadas que são transdutores⁶, no caso da visão a transdução ocorre na retina. Na retina temos a codificação, que é a transformação de energia luminosa em energia ou sinais elétricos e após, uma segunda codificação que é a transformação desses sinais elétricos em mais sinais elétricos que são entendidos pelo cérebro. Esses são conhecidos como potenciais de ação. Terminando assim a etapa de sensação que ocorre na retina. Os sinais são transportados em circuitos neurais, temos mais de 1 milhão de neurônios e eles podem transportar informações ou sinais elétricos até nosso cérebro.

Após tudo isso, ocorre à terceira etapa, que é a percepção, um mecanismo um pouco mais complexo. Os seres humanos são movidos a sinais elétricos. As propriedades para que tenhamos uma visão em cores depende da intensidade e a frequência da luz. Se a intensidade da luz for pequena, não irá conseguir ver o objeto com clareza, pois os órgãos do sentido da visão, cones e bastonetes, funcionam a partir de uma intensidade mínima. Os bastonetes tem uma sensibilidade muito baixa para luz brilhante, mas no escuro eles têm maior facilidade de adaptar e com isso enxergam melhor. Já os cones têm maior facilidade em luz brilhante e cor. Enquanto os bastonetes enxergam melhor os tons de azul, os cones podem ver os tons avermelhados, ou seja, tons mais brilhantes. Isso é uma prova de que com baixa intensidade de luz simplesmente não é possível ver em cores, praticamente só em preto e branco.

A outra propriedade importante é a frequência da luz, figura 13. A luz solar, conhecida como luz branca, resulta da radiação emitida pelo sol, típica de um corpo negro que depende da temperatura. E a intensidade da radiação depende da frequência. Para objetos com temperaturas elevadas, como por exemplo, o sol, a intensidade é máxima dentro da região visível, sendo esta região uma parte do espectro eletromagnético. A radiação eletromagnética cujo espectro, em termos de frequência, está compreendido entre 400 THz e 750 THz, nós chamamos de luz visível.

O cérebro associa a frequência de uma luz incidente a uma cor. A cor vermelha está associada a menores frequências do espectro luminoso, passando por uma gama de cores e, por ultimo, temos a cor violeta com a maior frequência (figura 13). Apesar de vermos a luz do sol como branca, é só mais uma ilusão do cérebro, pois não existe luz branca no espectro. Esta luz é uma junção de todas essas cores.

Para entendermos como vemos uma determinada cor e como vemos os objetos de

⁶ Transdução é a transformação de energia de alguma forma. Em biologia, transdução de sinal refere-se a qualquer processo através do qual uma célula converte um tipo de sinal ou estímulo em outro, de acordo com (VOET, 2013).

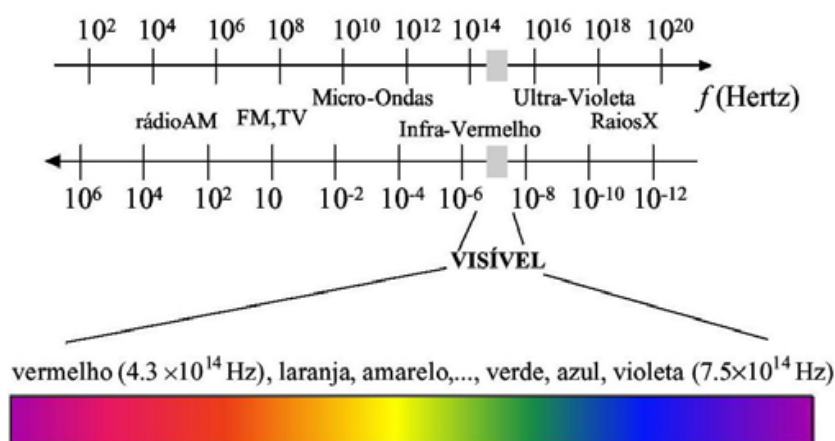


Figura 13: Representação do Espectro Eletromagnético de Luz Visível. Fonte-site: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br>

uma forma geral, precisamos entender a estrutura da matéria. Ela interage com a luz, de forma que quando há iluminação sobre uma determinada superfície, dois meios, com propriedades ópticas distintas, pode ocorrer uma série de fenômenos. Os mais importantes dizem respeito às propriedades relativas à interação da luz com os objetos no meio material. Ao incidir sobre uma superfície, a luz pode experimentar uma reflexão, ela pode ser especular ou difusa, sendo esta segunda interessante porque a luz depois de incidir em uma superfície rugosa, vai sair em diferentes direções. Isso faz com que conseguirmos ver os objetos praticamente a partir de qualquer posição em que estamos usualmente, a menos que haja um obstáculo.

A retina não é apenas a parte que recobre o globo ocular para proteger o fundo do olho, na verdade ela é muito mais complexa. A retina tem várias camadas, figura 14, sendo a primeira composta de fibras nervosas que dão origem ao nervo óptico, porém antes da informação seguir esse percurso, ela penetra em todas as camadas da retina. A segunda camada é de células ganglionares, ela é diretamente ligada a terceira que são dos neurônios bipolares os quais fazem a união das células, cones e bastonetes, com as células ganglionares. A quarta é composta pelos fotorreceptores, cones e bastonetes. E a quinta camada é do epitélio pigmentar composto de células pigmentares sendo suas principais atividades o transporte de íons e de vitamina A que são utilizadas pelos fotorreceptores.

A luz pode atingir a retina em vários pontos, como no caso das anomalias, porém, somente na fóvea, as imagens serão nítidas. Ela fica na mácula que é uma depressão da retina. Quando a luz incide nela os fótons penetram em todas as suas camadas até serem absorvidos na penúltima que é composta por cones e bastonetes, nela acontece o processo de transdução, ou seja, os raios eletromagnéticos são processados e transformados em sinais elétricos e por isso são os responsáveis pela primeira etapa das sensações. Esses sinais fazem o percurso de volta, passando pelas células bipolares, que na verdade são neurônios e é nessa região que as informações são processadas. Nelas ocorrem as sinapses

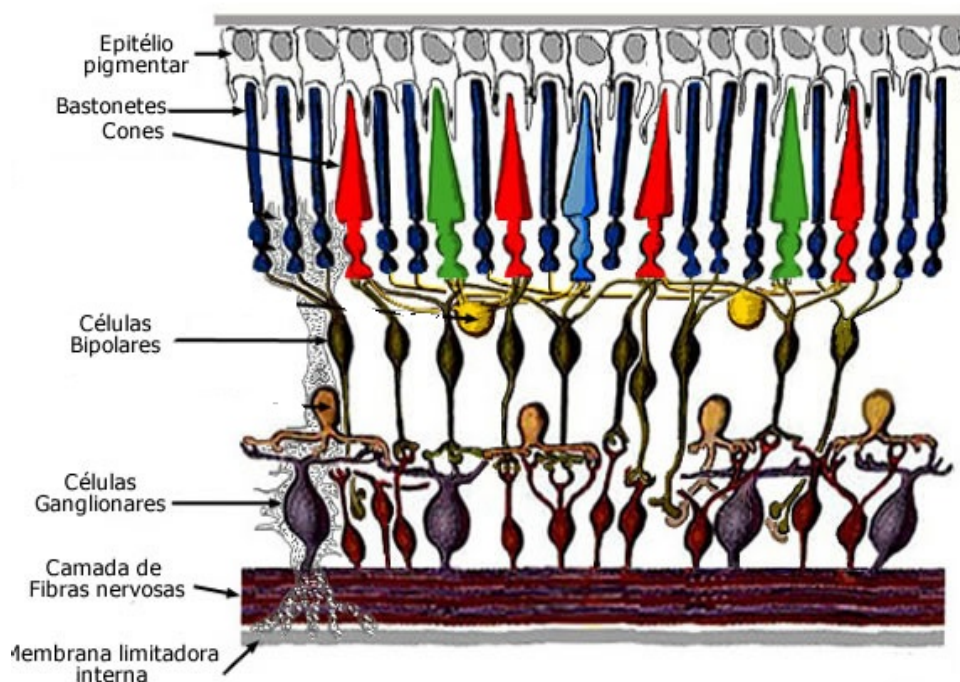


Figura 14: Camadas da retina. Fonte-site: <http://www.infoescola.com/visao/retina/>

graças aos contatos entre as células bipolares e as ganglionares. Os sinais elétricos são transferidos novamente para camada de fibras nervosas onde os axónios ⁷ que ali são encontrados transmitem os impulsos elétricos até o nervo óptico que por sua vez conduz a informação ao cérebro. Na figura 15 observamos mais um modelo da composição da retina, mas agora com o globo ocular captando a imagem e a mesma, após atravessar as camadas da retina, é refletida invertida.

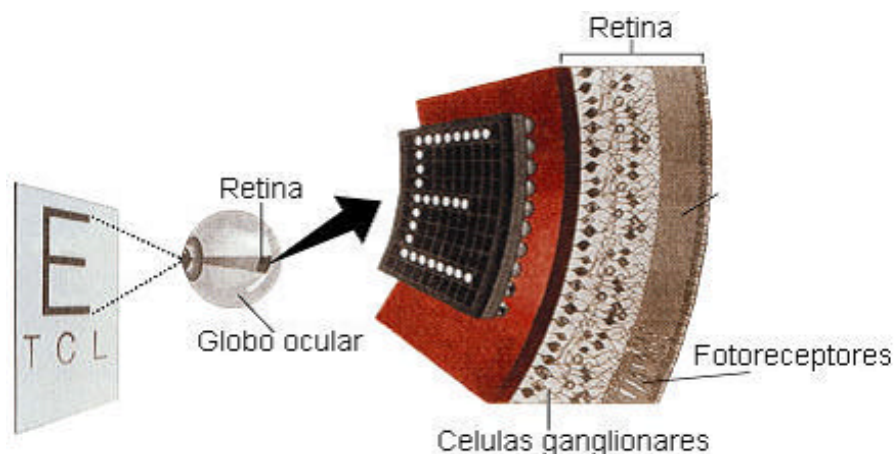


Figura 15: Retina onde ficam os fotorreceptores, tais como cones e bastonetes. Fonte-site: <http://www.sandia.gov/.../projects-retinal.html>

⁷ São partes do neurônio responsáveis pela condução dos impulsos elétricos que partem do corpo celular, até outro local mais distante. (CERQUEIRA et al., 2001)

2.7.1 Intensidade da luz

Temos, aproximadamente, 6 milhões de cones e 100 milhões de bastonetes, sendo que a distribuição dos cones está praticamente toda espreta na fóvea. Com isso, se os raios luminosos não atingirem a fóvea, perdemos a sensibilidade de cor. Os cones dependem da intensidade da luz. Segundo [Feynman, Leighton e Sands \(2008\)](#) a natureza delega o trabalho das células que veem luz brilhante e cor aos cones e as células de baixa intensidade luminosa que podem se adaptar no escuro, aos bastonetes. Ou seja, as visões em branco e preto são graças aos bastonetes, os quais são responsáveis pela visão periférica, pois estão em toda a retina, mas não processam a luz como os cones. Os bastonetes são mais sensíveis que os cones, pois através deles conseguimos observar com menos luz que com os cones. Os cones se dedicam a processar a luz de forma a levar informação para o cérebro do que ele reconheça. Cada onda eletromagnética que ali chega, eles associam a uma cor.

No corpo humano encontramos íons e é por isso que nós andamos, corremos, vemos e ouvimos. Os mais importantes são: cloro, sódio, potássio, cálcio e ânions orgânicos. Todas as células tem uma distribuição de íons na região extracelular e na região intercelular. As cargas negativas predominam dentro das células, cargas elétricas e íons, e isso gera um desbalanceamento entre elas, gerando assim uma diferença de potencial. A membrana celular tem alguns canais que permitem o movimento de íons, pra dentro ou pra fora da célula, são conhecidos como os canais iônicos. Eles podem passar da parte interna pra parte externa e vice versa, fazendo o uso dos canais e assim torna a membrana de espessura porosa e é por isso que algumas células do corpo humano são excitáveis. Pois, pensando em uma situação, essa distribuição de íons seja alterada no instante de tempo muito curto, essas células tornam-se excitáveis.

Por excitação, pode-se alterar essa distribuição de cargas elétricas gerando outra diferença de potencial, isso gera uma perturbação que é conhecida como potencial de ação. Os sinais elétricos eles são gerados quando abrimos ou fechamos determinados canais. Se abrimos ou fechamos um canal, estamos alterando, em um intervalo de tempo muito curto, o potencial elétrico naquela região. Isso nos remete que se o fóton é absorvido em algum lugar do bastonete e neste local eles são utilizados, no primeiro momento, para transformar uma molécula de nome cis-retinal, a qual absorve o fóton, em trans-retinal, a qual se desfaz para liberar energia. Voltando a ideia do fóton, ele muda a distribuição espacial dos átomos na molécula, ou seja, é a mesma molécula, mas com uma distribuição espacial diferente. Tudo que o fóton fez foi ser absorvido pela molécula cis-retinal com uma configuração distribuição espacial de átomos e transformado na trans-retinal que é a mesma molécula, mas com outra distribuição espacial de átomos, figura 16.

E como já havia comentado antes, essa nova molécula libera energia, pois com esse processo todo sendo disparado que é a transformação de alguma molécula com outra distribuição espacial, isso vai acabar provocando o fechamento ou a abertura de canais,

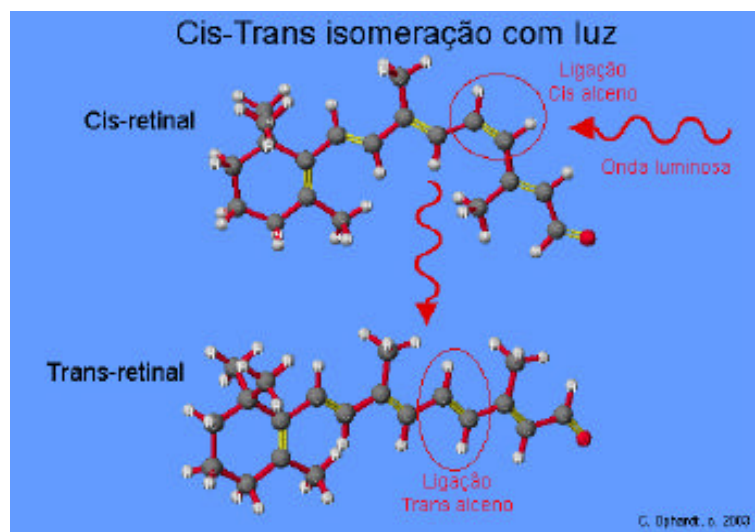


Figura 16: Etapa fotoquímica. Fonte-site: <http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/533cistrans.html>

ou seja, a diferença energética entre o produto e o reagente dessa reação (diferença de potencial), é o que forma o impulso nervoso (sinal elétrico). Como dizemos antes, esse sinal elétrico, ainda será codificado, passará por todas as camadas da retina e seus conjuntos de células de tal forma que lá na frente, esse sinal elétrico, possa ser finalmente processado e transformado sob a forma de potenciais de ação, e esses vão até o nosso cérebro.

3 Proposta de Atividade Experimental

Para a ciência progredir é necessário a obtenção de dados significativos, sendo fundamental o recurso à experimentação como forma de fazer sobressair a informação epistemológica relevante (CHALMERS, 2013). O objetivo desse método de ensino é que o aluno visualize de forma prática o que foi ensinado em sala. Com isso, busca-se a assimilação dos conteúdos, o interesse, a curiosidade e a capacidade de questionar. O papel do professor consiste em desenvolver o experimento de forma com que o educando seja ativo no processo de aprendizagem.

Este trabalho propõe uma pesquisa que alcance objetivo em uma abordagem qualitativa, e assim, sirva como produto educacional para os alunos do segundo ano do ensino médio. Para descrever os fenômenos físicos expostos no capítulo anterior, faremos uma prática experimental com Arduino ¹, que aborde de forma clara como ocorre a visão nítida de cores. Para tanto, propomos que quando o professor iniciar o conteúdo de óptica se atenha a explicar a Biofísica da visão, assim como foi abordado no trabalho, para que o aluno consiga compreender com clareza todos os processos, da Física ligada a Biologia, e por fim, o experimento, finalizando a sequência de ensino aprendizagem.

Esse experimento, que já foi realizado, busca-se desenvolver a curiosidade e o senso científico do aluno, além da verificação do fenômeno físico ligado à tecnologia. É necessário que o professor, como reprodutor, tenha um breve conhecimento sobre a Plataforma Arduino. Inicialmente ele deve observar a montagem e os procedimentos neste capítulo, com as orientações para o desenvolvido deste trabalho. Após deve consultar o Apêndice, onde se encontra o código da programação utilizada. A seguir, iremos apresentar os materiais, métodos e procedimentos que adotamos para obtenção dos resultados que serão discutidos na análise de dados.

3.1 Objetivos

- Observar como ocorre o processo da visão humana através de uma representação do globo ocular.
- Verificar como se comporta os raios luminosos atingindo a retina, no interior do olho.

¹ Plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, projetada com um microcontrolador Atmel AVR com suporte de entrada/saída embutido, uma linguagem de programação padrão, a qual tem origem em Wiring, e é essencialmente C/C++. O objetivo do projeto é criar ferramentas que são acessíveis, com baixo custo, flexíveis e fáceis de se usar por principiantes e profissionais. (EVANS; NOBLE; HOCHENBAUM, 2013)

- Constatar como a visão em cores nítida ocorre somente em parte da retina.
- Observar as diferenças de intensidade das ondas luminosas para cada cor.

3.2 Base Teórica do Experimento

3.2.1 Visão tricromática

Segundo [Feynman, Leighton e Sands \(2008\)](#) os bastonetes são as células que encontramos perto da periferia da retina. Quando aproximamos da fóvea, além deles, também encontramos as células cones. E conforme aproximamos mais da fóvea, o número de cones aumenta, até o momento em que só encontramos esse tipo de célula. Thomas Young foi o primeiro a formular a hipótese de que a visão cromática é baseada na presença de três diferentes órgãos sensíveis à luz, dessa forma, foi o criador da teoria tricromática da visão cromática. Anos depois, Helmholtz ² e seus colaboradores, recolheram dados sobre a influência das diferentes cores nas três categorias de fibras nervosas ³ da retina. O resultado dessa pesquisa formaram curvas representativas que são divididas de acordo com as espécies de fibras: as pertencentes ao primeiro tipo apresentam-se energicamente estimuladas pela luz vermelha, as do segundo tipo são muito sensíveis à ação da luz verde e as fibras do terceiro tipo são facilmente sensibilizadas pela luz azul ([SILVEIRA, 2015](#)).

Com tudo, a teoria proposta por Young e Helmholtz, supõe que no olho há três pigmentos diferentes que recebem a luz e que esses têm espectros de absorção diferentes. Ou seja, quando incidirmos uma luz neles vamos obter quantidades diferentes de absorção nas três regiões como, por exemplo: teremos um pigmento que absorve extremamente o vermelho, outro absorve o azul e o terceiro o verde. Então quando incidirmos uma luz na retina, mais precisamente na fóvea, vamos obter quantidades diferentes de absorção nas três regiões ([FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 2008](#)), informações que serão inicialmente processadas no olho, e após encaminhadas ao cérebro através do nervo óptico, para constataremos a cor que estamos olhando, assim como já foi dito no capítulo anterior.

3.2.2 Arduino

Para representar essa visão em cores no olho humano, utilizaremos a Plataforma Arduino. O que a difere de outras placas é que seu desenvolvimento é feito por uma comunidade aberta, open-source, que possibilita a troca de códigos e experiências entre todos os desenvolvedores que se interessem ([JUNIOR; ROBERTO et al., 2014](#)). Sua programação é mais acessível por ser considerada de baixo custo em relação aos outros microcontrola-

² Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894) físico, fisiologista, matemático e musicólogo alemão, foi considerado um dos homens mais relevantes para ciência do século XIX. [Silveira \(2015\)](#)

³ Fibrilas nervosas da retina são os cones.

dores. Na internet é possível encontrar vários trabalhos e artigos sobre a sua utilização para auxiliar os iniciantes no desenvolvimento do seu projeto.

Segundo [McRoberts \(2011\)](#), o Arduino pode ser conectado à sensores, LEDs, displays, botões, interruptores, motores, ou qualquer dispositivo que emita dados ou que possa ser controlado. O sensor de luz, ou LDR, nada mais é que um resistor dependente de luz. Ele deve ser utilizado em ambientes escuros, pois assim tem uma resistência muito alta. Através dos resultados, podemos distinguir qualquer variação no ambiente, além de se ele está claro ou escuro. Como a radiação eletromagnética nos permite ter diferentes cores com diferentes frequências, ou seja, alguns tons mais claros e outros mais escuros, podemos usar o LDR também para medir as cores.

3.3 Materiais

Os materiais utilizados para a montagem do experimento são:

- 01 Lanterna
- 01 Modelo de olho humano impresso
- 01 Placa Arduino Uno
- 01 Kit Jumper Macho Fêmea
- 01 Kit Jumper Macho Macho
- 01 Protoboard ⁴ para organizar as conexões
- 01 Botão para protoboard
- 01 Folha de celofane azul
- 01 Folha de celofane verde
- 01 Folha de celofane vermelho
- 09 LDR (Sensores de luz)
- 10 Resistores de 10k
- 01 Folha de papelão
- 01 Papel alumínio
- 01 Fita dupla-face

⁴ É uma placa de ensaio com furos (ou orifícios) e conexões condutoras para montagem de circuitos elétricos experimentais ([WIKIPÉDIA, 2018](#)).

- 01 Estilete
- 01 Tesoura

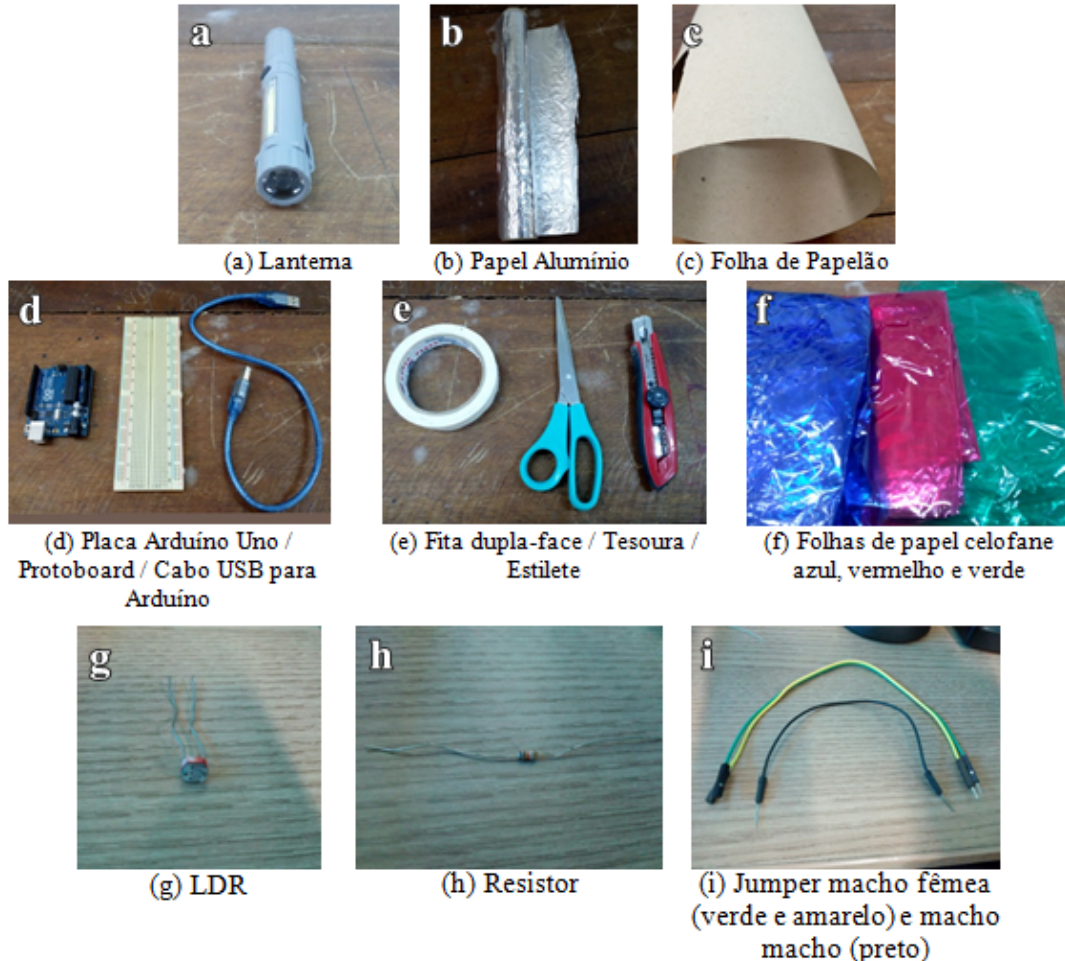


Figura 17: Materiais utilizados. Fonte: Autoria Própria.

3.4 Montagem

Em um pedaço de papelão, cole a fita dupla-face e por cima cole o papel alumínio. Após, corte em formato de cruz (3x) de forma com que fique um quadrado de lados 1,5 cm deixando o quadrado aberto (sem um dos lados). Faça 2 furos no fundo das caixas para que seja encaixado os LDR's na parte interna. Em seguida, corte 10 quadrados de comprimento 2,0 cm de cada cor dos papéis celofane. São 6 folhas do celofane da mesma cor para cada caixinha, cole-os com a fita dupla-face de forma com que as tampe, figura 18.

Com outra parte do papelão, corte 6 retângulos de comprimento 5,0 cm x 2,0 cm e nessa mesma peça, corte retângulos de 3,0 cm x 1,0 cm, de forma com que fique um



Figura 18: Primeira etapa de montagem. Fonte: Autoria Própria

buraco na peça. Após, corte 12 retângulos de 2,0 cm x 1,0 cm. Nas peças com buracos, cole 4 folhas de celofane da mesma cor, faça isso com as outras cores, depois cole quatro retângulos de cada lado da peça, e por ultimo, feche com outra peça com o buraco no centro. Com isso, será criado um filtro, observe os modelos na figura 19.



Figura 19: Segunda etapa de montagem. Fonte: Autoria Própria

Neste projeto o estudante conta com um circuito de nove LDR's, em uma caixa fechada com películas coloridas. Os sensores, ao tentarem medir a intensidade de luz, terão seus resultados alterados, pois cada cor variar de acordo com a sua frequência disposta no espectro eletromagnético, fazendo com que o aluno tenha a primeira interação do conteúdo ministrado em sala de aula com a programação apresentada. O circuito e a programação deveram ser montados com antecedência pelo professor. Com o circuito, o estudante será capaz de observar a intensidade luminosa captada pelos sensores e a mudança desses valores quando há mudança de cores no feixe luz.

3.5 Procedimentos

Em uma mesa posicione uma lanterna e o papel (A4) com a impressão de um olho humano (10,5 cm x 13,0 cm). Em cima da impressão, coloque as caixinhas dispostas sequencialmente (azul-verde-vermelho) de forma que componha a região que representa a o fundo do ocular. A lanterna deve ser inserida a 26 cm de distância da parte mais funda dessa região, onde deve representar a retina.

Os LDR's devem ser conectados à protoboard com os resistores de 10k, nela também deve está o botão que dará início ao experimento, e os mesmos à placa Arduino Uno através dos jumpers. Após toda a conexão a placa deve ser programada para que consiga receber os comandos, interpretá-los e realizar a operação desejada.

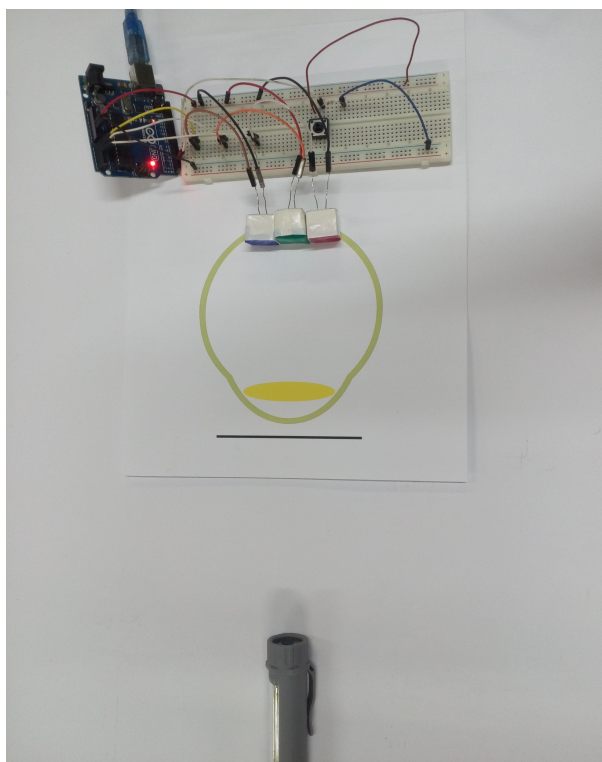


Figura 20: Experimento Montado. Fonte: Autoria Própria

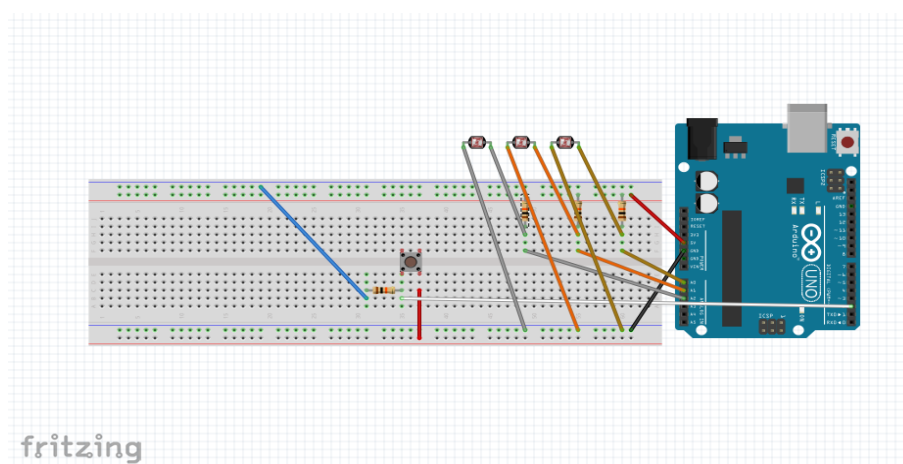


Figura 21: Montagem do Circuito. Fonte: Autoria Própria

Ligue a lanterna e coloque um filtro (azul, vermelho ou verde) e pressione o botão. Observe a tela do computador, nela deve conter qual a intensidade luminosa que cada LDR está recebendo e em seguida à frase afirmando qual a cor do filtro: “Estou vendo “azul””; por exemplo. É importante que o ambiente esteja escuro, para melhor visualização do feixe luminoso.

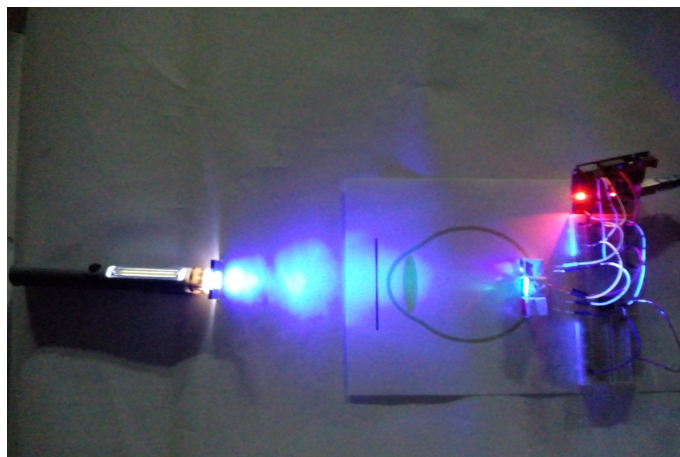


Figura 22: Experimento com filtro azul. Fonte: Autoria Própria

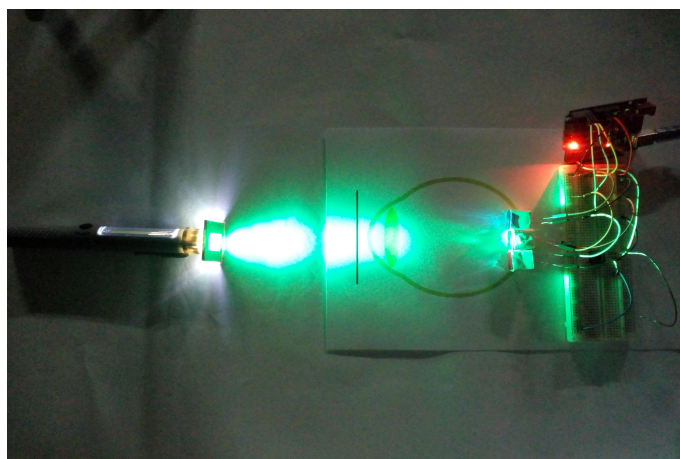


Figura 23: Experimento com filtro verde. Fonte: Autoria Própria

3.6 Resultados Esperados

Esse projeto tem o intuito de contribuir na aprendizagem significativa do aluno. Para tanto, torna-se necessário a busca por métodos inovadores, como microcontroladores que facilitem os projetos multidisciplinares e despertem o interesse tanto para o conteúdo ministrado quanto pra área tecnológica. A placa Arduino lê o valor de um pino analógico especificado. Ela possui um conversor analógico-digital de 8 canais no Uno, isso significa que esta irá mapear tensões entre 0 e 5 volts para valores inteiros entre 0 e 1023, permitindo uma resolução entre leituras de 5 volts/1024 unidades ([ARDUINO, 2017](#)).

O LDR tem a função de captar a intensidade luminosa, e como já falamos, a luz, como onda eletromagnética, pode ser descrita através da sua frequência. Quanto maior o comprimento de onda, menor é a sua frequência, assim, o vermelho é a cor de maior frequência, o azul de menor e o verde está no meio termo. Sendo assim, o LDR imprimirá valores mais altos para o vermelho que para o verde e, conseqüentemente, os dois mais altos que para o azul. É esperado que o sensor consiga captar a diversidade da intensidade

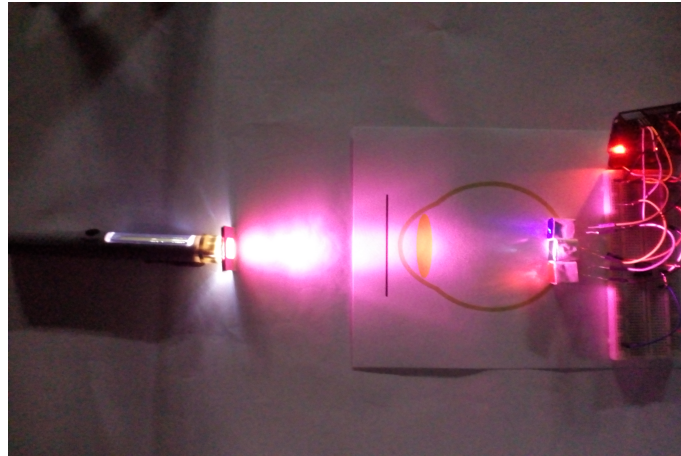


Figura 24: Experimento com filtro vermelho. Fonte: Autoria Própria

do feixe luminoso quando trocamos os filtros. Quando inserir o filtro azul, o Arduino deve imprimir os valores que cada sensor captou e em seguida a frase: "Estou vendo azul"; e assim sucessivamente para cada cor.

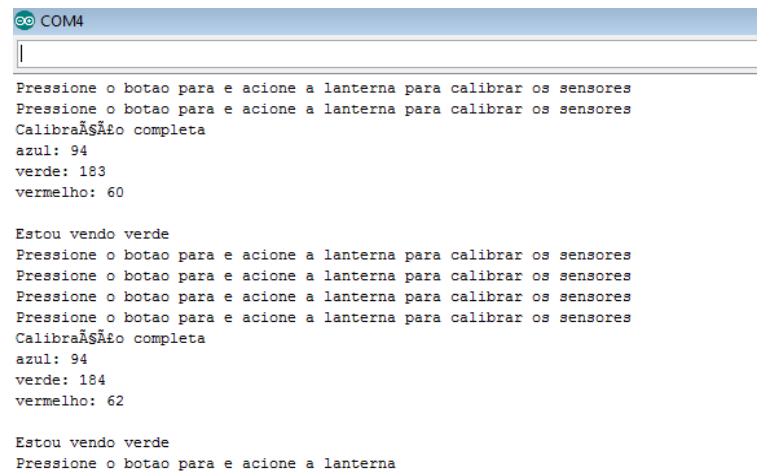
```
COM4
Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores
Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores
Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores
Calibração completa
azul: 186
verde: 96
vermelho: 67

Estou vendo azul
Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores
Calibração completa
azul: 186
verde: 96
vermelho: 67

Estou vendo azul
Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores
Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores
```

Figura 25: Resultado do experimento com filtro azul. Fonte: Autoria Própria

Através desse experimento, podemos observar que o feixe luminoso atinge apenas o fundo da retina, se houvessem outros sensores dispostos ao longo do olho, não receberiam iluminação suficiente para que distinguísse qual a cor do filtro. Isto é notório. Outra situação que esse trabalho nos remete é a percepção de onde é localizada a mácula lútea, já que é em uma pequena região da retina que o Arduino consegue processar os valores e obter resultados. E, com isso, conseguir assimilar que é apenas na mácula lútea que o olho humano consegue ter a visão em cores.

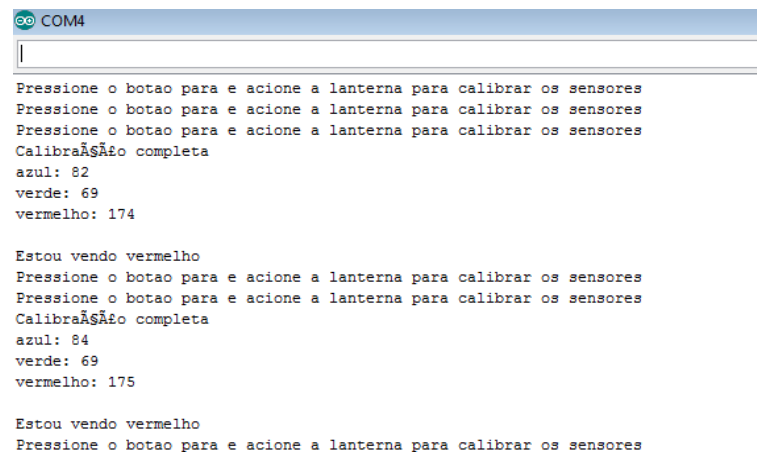


```
COM4
|
Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores
Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores
Calibraçãofinalizada
azul: 94
verde: 183
vermelho: 60

Estou vendo verde
Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores
Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores
Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores
Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores
Calibraçãofinalizada
azul: 94
verde: 184
vermelho: 62

Estou vendo verde
Pressione o botao para e acione a lanterna
```

Figura 26: Resultado do experimento com filtro azul. Fonte: Autoria Própria



```
COM4
|
Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores
Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores
Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores
Calibraçãofinalizada
azul: 82
verde: 69
vermelho: 174

Estou vendo vermelho
Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores
Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores
Calibraçãofinalizada
azul: 84
verde: 69
vermelho: 175

Estou vendo vermelho
Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores
```

Figura 27: Resultado do experimento com filtro vermelho. Fonte: Autoria Própria

Conclusão

É perceptível que o método de ensino-aprendizagem está em evolução. Este trabalho enfatiza o estudo de Vygotsky como forma de planejamento para estratégia de ensino, com destaque nas interações que o professor estabelece com seus alunos, assumindo o seu papel de orientador. Essa integração de novas tecnologias como computadores e microcontroladores também contribuem para essa evolução. Enfatizando o Arduino, como um objeto de mediação que pode ser utilizado como material complementar no estudo para vários conteúdos de física, podemos citar alguns como: mecânica, eletricidade, ondas, etc. Logo, o ensino de Física, terá grandes avanços, com educadores que saibam manusear e apresentem propostas de atividades com Arduino.

Neste trabalho estudamos a fisiologia no olho humano e os principais comportamentos Físicos envolvidos na formação da imagem e o que é necessário para ocorrer a visão em cores, expostos de uma maneira simples que pode ser feito em sala de aula. Percebemos que as informações da imagem e das cores são inicialmente processadas no olho humano, e só após são encaminhadas ao cérebro. Com isso, o microcontrolador se comportou como o cérebro que executa o código, os jumpers como nervo óptico, transportando das informações captadas na mácula lútea (LDRs), para serem processadas no cérebro novamente. O computador serve para visualizar os resultados. Com esses materiais esperamos que os executores tenham resultados satisfatórios e alcancem todos os objetivos, para efeito de estudo.

A proposta visa trazer uma nova forma de ensino que contribua na construção das estruturas mentais necessárias para aprendizagem dos fenômenos da óptica, como defende Vygotsky. O professor deve ser o orientador, capaz de transferir seus conhecimentos para que consiga obter os objetivos delimitados. Além disso, deve envolver o aluno na prática, afim de aguçar sua curiosidade e incrementar a aula experimental. A atividade, inicialmente, busca a observação de como se manifesta o feixe luminosos no interior do olho humano, porém, ele nos remete à muito mais informações, por exemplo, como ocorre processo de visão em cores. Esse último citado, é pouco estudado em sala de aula, sendo esta uma forma de elevar o conhecimento sobre esse assunto.

Por fim, espera-se se seja possível contribuir para o processo de ensino, de forma com que haja contextualização das aulas com materiais tecnológicos que despertem interesse dos alunos e a importância de relacionar a disciplina de Física com a Biologia e Química. Com esses diferentes campos de conhecimentos interligados, buscamos o desenvolvimento o ensino de Ciências, através de metodologias e novas ideias que torne o ambiente escolar mais atrativo e interativo aos estudantes.

Referências

- ARDUINO, . *Pinos de entrada análogas*. 2017. [Online; accessed 15-novembro-2017]. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Tutorial/AnalogInputPins>>. Citado na página 40.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Uma oficina de física moderna que vise a sua inserção no ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 21, p. 372–389, 2004. Citado na página 23.
- CERQUEIRA, E. O. d. et al. Redes neurais e suas aplicações em calibração multivariada. *Química Nova*, SciELO Brasil, 2001. Citado na página 31.
- CHALMERS, A. F. *What is this thing called science?* [S.l.]: Hackett Publishing, 2013. Citado na página 34.
- COLINVAUX, D.; PIAGET, J. Pensador rigoroso, homem afável. *Revista Educação. História da Pedagogia*, São Paulo, n. 1, p. 6–21, 2011. Citado na página 18.
- EVANS, M.; NOBLE, J.; HOCHENBAUM, J. *Arduino em ação*. [S.l.]: Novatec Editora, 2013. Citado na página 34.
- FERRI, M. G.; MOTOYAMA, S. História das ciências no brasil. In: *História das ciências no Brasil*. [S.l.: s.n.], 1981. Citado na página 17.
- FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R.; SANDS, M. Lições de física–vol. 1. *Tradução de Adriana VR da Silva e Kaline R. Coutinho*. Porto Alegre: Bookman, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 35.
- GARCIA, E. *AC Biofísica*. [S.l.: s.n.], 2002. Citado na página 19.
- GASPAR, A. *Experiências de ciências: para o ensino fundamental*. [S.l.]: Ática, 2005. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.
- HENEINE, I. F. *Biofísica B´sica*. [S.l.: s.n.], 2008. Citado 3 vezes nas páginas 10, 20 e 25.
- JUDD, D. B. *Color in business, science and industry*. Wiley, 1952. Citado na página 20.
- JUNIOR, R.; ROBERTO, J. et al. Microcontrolador arduino no ensino de física: proposta e aplicação de uma situação de aprendizagem sobre o tema luz e cor. Universidade Federal de São Carlos, 2014. Citado na página 35.
- LDB. *Lei de diretrizes e bases da educação nacional*. [S.l.]: Conselho de Reitores das Universidades Brasileiras, 1997. Citado na página 17.
- MANDELSTAM, L. Light scattering by inhomogeneous media. *Zh. Russ. Fiz-Khim. Ova*, v. 58, p. 381, 1926. Citado na página 22.
- MCROBERTS, M. *Arduino básico*. São Paulo: Novatec, v. 1, 2011. Citado na página 36.

- MONTEIRO, M. A. A.; TEIXEIRA, O. P. B. O ensino de física nas séries iniciais do ensino fundamental: um estudo das influências das experiências docentes em sua prática em sala de aula. *Investigações em ensino de Ciências*, v. 9, n. 1, p. 7–25, 2016. Citado na página 17.
- OLIVEIRA, M. K. d. Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento-um processo sócio-histórico. In: *Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento-um processo sócio-histórico*. [S.l.: s.n.], 1993. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.
- PCN+, M. Pcn+ ensino médio. *Orientações Educacionais Complementares aos*, 1998. Citado na página 15.
- RIBEIRO, M. d. C. S. *As cores e a Visão e a Visão das Cores*. Tese (Doutorado) — Universidade da Beira Interior, 2011. Citado na página 29.
- ROBINSON, A. *The last man who knew everything: Thomas Young, the anonymous polymath who proved Newton wrong, explained how we see, cured the sick, and deciphered the Rosetta stone, among other feats of genius*. [S.l.]: Dutton Adult, 2006. Citado na página 22.
- SANTANA, V. M. D. S. *MEDIDAS DE CONCENTRAÇÃO DE GASES NA ATMOSFERA DE SALVADOR UTILIZANDO UM ESPECTRO-RADIÔMETRO*. Tese (Doutorado) — Dissertação de Mestrado, Instituto de Física–Universidade Federal da Bahia, Salvador–BA, Brasil, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 25.
- SILVA, C. C.; MARTINS, R. de A. O papel do experimento na óptica de newton. *O Saber Fazer e Seus Muitos Saberes: Experimentos, Experiências e Experimentações*, p. 199–226, 2006. Citado na página 24.
- SILVA, C. C.; MOURA, B. A. et al. A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SciELO Brasil, v. 30, n. 1, p. 1602, 2008. Citado na página 24.
- SILVEIRA, L. M. *Introdução à teoria da cor*. [S.l.]: UTFPR Editora, 2015. Citado na página 35.
- STARR, C. *Biology: Concepts and Applications*. Thomson Brooks/Cole. [S.l.], 2005. Citado na página 21.
- TINER, J. H. *100 cientistas que mudaram a história do mundo*. [S.l.]: Singular Digital, 2004. Citado na página 24.
- UNESCO. *Ensino de Ciências: o futuro em risco*. 2005. [S.l.]: Disponível, 2011. Citado na página 17.
- UNIJUÍ, J. G. V. et al. Defeitos de visão. 2017. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 28.
- VOET, D. *Bioquímica*. [S.l.: s.n.], 2013. Citado na página 29.
- WESTFALL, R. S.; DEVONS, S. *Never at rest: A biography of Isaac Newton*. [S.l.]: AAPT, 1981. Citado na página 24.
- WIKIPÉDIA. *Placa de Ensaio — Wikipédia, a enciclopédia livre*. 2018. [Online; accessed 30-março-2018]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Placa_de_Ensaio&oldid=51659760>. Citado na página 36.

APÊNDICE A – Código do Experimento

1. (sensorPin) é o nome de cada sensor, diferenciando apenas pelo número no final da palavra. Cada um será ligado em um pino do Arduino (ex. A0).
2. `int sensorPin1 = A0; //pino A0`
3. `int sensorPin2 = A1; //pino A1`
4. `int sensorPin3 = A2; //pino A2`
- 5.
6. Cada sensor deve iniciar no valor 0.
7. `int sensorValue1 = 0;`
8. `int sensorValue2 = 0;`
9. `int sensorValue3 = 0;`
- 10.
11. O botão deve está ligado no pino 2 do Arduino.
12. `const int buttonPin = 2; // the number of the pushbutton pin`
13. `int buttonState = 0; // variable for reading the pushbutton status`
- 14.
15. `void setup()`
16. `Serial.begin(9600);`
17. `pinMode(buttonPin, INPUT);`
18. `void loop()`
- 20.
21. Para inicializar deve apertar o botão

```
22. // initialize the pushbutton pin as an input:
23. Serial.print("Pressione o botao para e acione a lanterna para calibrar os sensores");
24. Serial.println();
25.
26. // read the state of the pushbutton value:
27. buttonState = digitalRead(buttonPin);
28.
29. // check if the pushbutton is pressed. If it is, the buttonState is HIGH:
30. if(buttonState == LOW)
31.
32. Identificando cada valores para cada sensor.
33. sensorValue1 = analogRead(sensorPin1);
34. sensorValue2 = analogRead(sensorPin2);
35. sensorValue3 = analogRead(sensorPin3);
36.
37. Ler valores à cada 2000 segundos.
38. delay(2000);
39.
40. if(buttonState == HIGH)
42. Serial.print("Calibração completa");
43. Serial.println();
44.
45. O valor do sensor 1 representa a cor azul, do sensor 2 a cor verde e do sensor 3 a
    cor vermelho.
46. Serial.print("azul: ");
```

```
47. Serial.println(sensorValue1);
48. Serial.print("verde: ");
49. Serial.println(sensorValue2);
50. Serial.print("vermelho: ");
51. Serial.println(sensorValue3);
52. Serial.println();
53.
54. Se o o valor do sensor 1 for maior do que o valor do sensor 2 e do sensor 3, o Arduino
    deve imprimir: "Estou vendo azul".
55. if (sensorValue1>sensorValue2)
56. if(sensorValue1>sensorValue3)
57. Serial.print("Estou vendo azul");
58. Serial.println();

60.

62. Se o o valor do sensor 2 for maior do que o valor do sensor 1 e do sensor 3, o Arduino
    deve imprimir: "Estou vendo verde".
63. if (sensorValue2>sensorValue1)
64. if(sensorValue2>sensorValue3)
65. Serial.print("Estou vendo verde");
66. Serial.println();

68.

70. Se o o valor do sensor 3 for maior do que o valor do sensor 1 e do sensor 2, o Arduino
    deve imprimir: "Estou vendo vermelho".
```

```
71. if (sensorValue3>sensorValue2)
72. if(sensorValue3>sensorValue1)
73. Serial.print("Estou vendo vermelho");
74. Serial.println();

75. Fazer essa leitura a cada 2000 segundos.
78. delay(2000);
```

APÊNDICE B – Esquemático

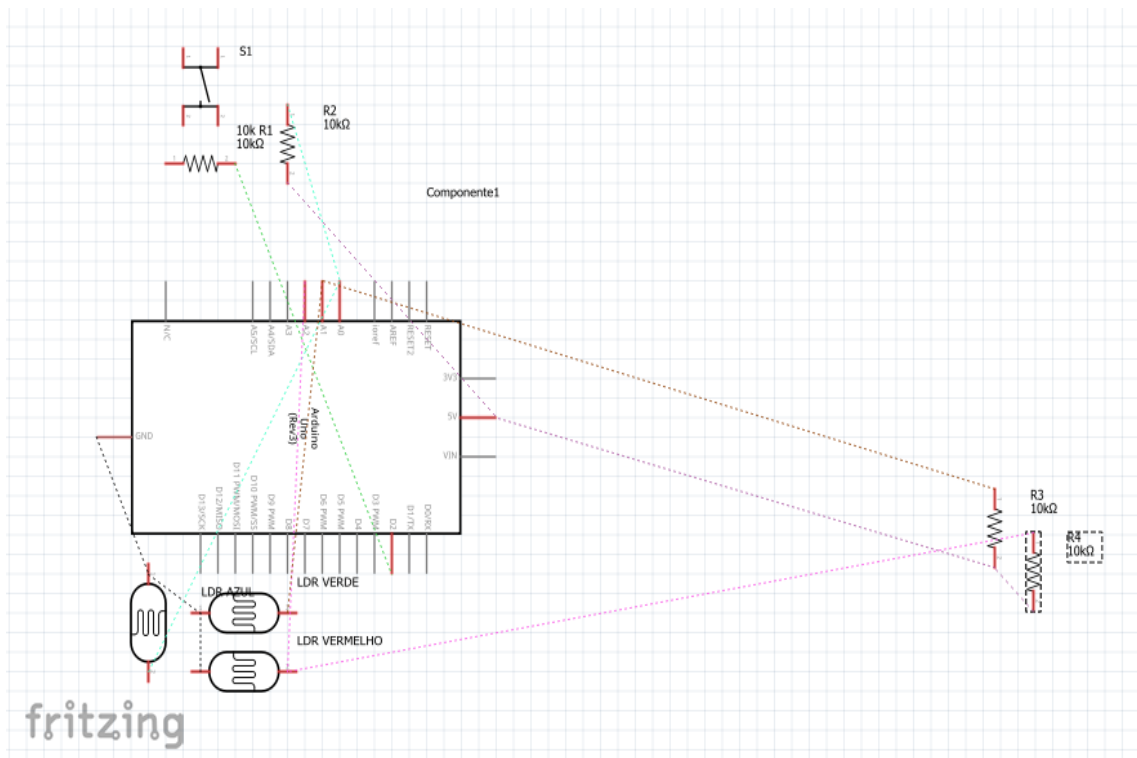


Figura 28: Circuito Esquemático